

51

Int. Cl. 2:

G 01 N 21/52

19

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

H 01 K 13/08

H 05 K 13/08

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 28 00 415 A 1

11

Offenlegungsschrift 28 00 415

21

Aktenzeichen: P 28 00 415.1

22

Anmeldetag: 5. 1. 78

43

Offenlegungstag: 13. 7. 78

30

Unionspriorität:

32 33 31

11. 1. 77 V.St.v.Amerika 758516

54

Bezeichnung:

Einrichtung zur Feststellung und Identifizierung lumineszierender organischer Stoffe auf einem Werkstück

71

Anmelder:

International Business Machines Corp., Armonk, N.Y. (V.St.A.)

74

Vertreter:

Willich, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 7030 Böblingen

72

Erfinder:

Froot, Howard Arthur, Hopewell Junction, Y. (V.St.A.)

DE 28 00 415 A 1

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Einrichtung zur Feststellung und Identifizierung lumineszierender organischer Stoffe auf einem Werkstück, z.B. einem Halbleiterelement, unter Heranziehung des den einzelnen auftretenden Stoffen eigenen Lumineszenz-Emissionsspektrums, gekennzeichnet durch eine Anordnung (10, 11, 16, 17) zur Belichtung des Werkstücks (13) mit elektromagnetischen Strahlen in einer zur Entstehung der Lumineszenz auf dem Werkstück (13) ausreichenden Energie, einer Anordnung (17, 14, 18, 21) zur Messung der Lumineszenz und einer Einrichtung (22) zum Vergleich der gemessenen Werte mit den bekannten Lumineszenz-Emissionsspektren der in Frage kommenden Werkstoffe.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Vergleich der festgestellten Werte mit den Lumineszenz-Emissionsspektren ein Rechner (22) angeschlossen ist, in welchem alle bekannten Werte der Lumineszenz-Emissionsspektren gespeichert sind.
3. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastung der Oberfläche des Werkstücks (13) mit einer Geschwindigkeit erfolgt, welche die Ermittlung des Kurvenverlaufs der Werte für die Emissionsintensität über der Wellenlänge des sichtbaren Lichts ermöglicht.
4. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur aufeinanderfolgenden schrittweisen Abtastung einzelner Teilbereiche des Werkstücks ein mittels vom Rechner (22) gesteuerter Koordinatenantriebe (23, 24) bewegbarer Objektträger (25) angeordnet ist.
5. Einrichtung nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch eine Steuerung (22) zum Stoppen der Koordinatenantriebe (23, 24) bei Feststellung von Lumineszenz-Strahlung.

Anmelderin:

International Business Machines
Corporation, Armonk, N.Y. 10504
wi/se

Einrichtung zur Feststellung und Identifizierung lumineszieren-
der organischer Stoffe auf einem Werkstück

Bei der Herstellung von Halbleiterkomponenten bilden im Zusammenhang mit den steigenden Anforderungen an die Bestückungsdichte und die Qualität die sich im Verlauf des Herstellprozesses auf den aktiven Bereichen absetzenden Fremdstoffpartikel ein besonderes Problem. Denn solche Partikel verursachen unter Umständen Fehler, die sich auf die Funktionstüchtigkeit des betreffenden Elements auswirken oder in bestimmten Fällen dessen Unbrauchbarkeit zur Folge haben.

In der Vergangenheit enthielt ein Halbleiterelement, auch Chip genannt, nur ein oder zwei aktive Schaltungskomponenten, und man stellte große Stückzahlen identischer Ausführung her. Hierbei nahmen die aktiven Elemente nur einen verhältnismäßig geringen Raum der Gesamtfläche des Chips ein. Da infolge der Reinluftbedingungen, die bei derartigen Herstellprozessen üblicherweise beachtet werden, die auf die Chipoberfläche gelangenden Fremdpartikel eine Größe im Bereich von etwa 10 μ aufweisen, war bisher die Wahrscheinlichkeit einer Beeinträchtigung der aktiven Bereiche des Chips verhältnismäßig gering.

In der Zwischenzeit sind jedoch die Abmessungen der aktiven Bereiche auf den Chips wesentlich verringert und ihre Dichtedementsprechend erhöht worden. Außerdem ist die Rechen- bzw. Speicherkapazität der Halbleiterelemente inzwischen drastisch erhöht worden, so daß man insgesamt wesentlich weniger Ein-

heiten benötigt. Hand in Hand damit ging auch eine entsprechende Steigerung der Kosten pro Chip. Man mißt daher inzwischen den wirtschaftlichen Auswirkungen der oben genannten Einflüsse durch Fremdpartikel eine ganz erhebliche Bedeutung bei, nachdem man erkannt hat, daß ein einzelner Fremdpartikel in der vorgenannten Größenordnung ein ganzes Chip unbrauchbar machen kann.

In manchen Herstellprozessen ist es ausreichend festzustellen, ob sich auf einer Halbleiterfläche Fremdkörper befinden bzw. ob die ermittelten Partikel eine bestimmte Größe oder Anzahl überschreiten, um entsprechende Maßnahmen zu treffen, wie etwa den Herstellprozeß für das betreffende Teil zu unterbrechen. In anderen Fällen ist über die Feststellung hinaus eine Identifizierung des einzelnen Stoffes des ermittelten Partikels erforderlich, um dessen Herkunft festzustellen und entsprechende Maßnahmen an der Entstehungsquelle treffen zu können. Die zu diesem Zweck bekannten Vorrichtungen und Verfahren ermöglichen jedoch nicht eine sofortige Identifizierung organischer Partikel oder eines störenden Films, sondern man mußte bisher eine gewisse Zeit in Kauf nehmen, bis das Analyseergebnis vorlag. Außerdem sind die bekannten Verfahren mit einer Zerstörung des Testobjekts verbunden.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zur Feststellung und Identifizierung lumineszierender organischer Stoffe auf einem Werkstück zu schaffen, bei welcher das Ergebnis der Untersuchung unmittelbar verfügbar ist. Diese Aufgabe ist durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst worden.

Die erfindungsgemäße Einrichtung ermöglicht es, ein Werkstück, beispielsweise ein Halbleiterchip, während des Herstellprozesses, also an Ort und Stelle, auf eventuell vorhandene Fremdpartikel zu untersuchen und diese zu identifizieren,

so daß erforderlichenfalls der Herstellprozeß unterbrochen und/oder die Ursache der Verunreinigung festgestellt werden kann. Die Identifizierung des festgestellten organischen Stoffes erfolgt vorzugsweise durch Vergleich der gemessenen Lumineszenz mit den bekannten Lumineszenz-Emissionsspektren der überhaupt in Frage kommenden Stoffe. Dieser Vergleich wird zweckmäßigerweise mit Hilfe eines angeschlossenen Rechners durchgeführt, in welchem alle bekannten Werte der Lumineszenz-Emissionsspektren gespeichert sind. Die Abtastung der Teilbereiche und Speicherung der gemessenen Werte erfolgt vorzugsweise durch Ermittlung des Kurvenverlaufs der Werte für die Emissionsintensität über der Wellenlänge.

In einer vereinfachten Ausführung der erfindungsgemäßen Einrichtung kann man auch lediglich den Grad der Verschmutzung durch Fremdpartikel überwachen und Maßnahmen treffen, daß nur bei Überschreiten eines festgelegten Grenzwertes ein Signal oder entsprechende Vorgänge ausgelöst werden, wie beispielsweise die Unterbrechung des Fertigungsprozesses.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnungen in zwei Ausführungsbeispielen näher erläutert.

- Fig. 1 zeigt ein schematisches Blockdiagramm einer Analyseeinrichtung für Halbleitersubstrate,
- Fig. 2A zeigt einen vergrößerten Schnitt durch ein Substrat mit darauf befindlichen organischen lumineszierenden Teilchen,
- Fig. 2B ist ein vergrößerter Schnitt eines Substrats mit einer für die Emissionswellenlänge der organischen Teilchen transparenten Schicht, wobei sich die Teilchen zwischen dem Substrat und der Schicht befinden, und

Fig. 3 zeigt ein schematisches Blockdiagramm einer gegenüber der Fig. 1 abgewandelten Ausführungsform.

Die Mehrzahl organischer lumineszierender Materialien absorbiert in den ultravioletten Wellenlängen des elektromagnetischen Spektrums, und da die Moleküle eine Reihe dicht beieinanderliegender Energieebenen haben und durch Absorption eines bestimmten Strahlungsquantums entsprechend der Energiedifferenz zwischen den beiden Energiezuständen von der niedrigeren zu der höheren Energieebene gelangen, wird der Wiedereintritt dieser Energie, wenn die Moleküle zu ihrer niedrigeren Energieebene zurückkehren, Lumineszenz genannt, welche sich im sichtbaren Teil des elektromagnetischen Spektrums befindet. Inmitten der organischen Stoffe, welche lumineszieren, sind die am intensivsten lumineszierenden die aromatischen Kohlenwasserstoffe, gefolgt von den heteroaromatischen und aromatischen Kohlenoxidverbindungen (Carbonylen), den konjugierten, also paarweise verbundenen Fetten und den sehr weichen fluoreszierenden gesättigten Fetten.

In organischen Molekülen bewegen sich die Elektronen in polyzentrischen Kreisbahnen, Molekularkreisbahnen genannt. Jede Kreisbahn hat mit ihr mit Elektronen verbundene Quantenzahlen, und zwar entsprechend dem Pauli-Prinzip in der Folge der anwachsenden Energie. Der Status für ein Molekül ist dabei bestimmt durch diese Kreisbahnkonfiguration, wobei in keinem Falle zwei Stoffe Moleküle mit dem genau gleichen Energiemuster aufweisen. Daher gibt es keine Materialien mit dem genau gleichen Emissionsscheitelwert. Auch haben niemals zwei organische Stoffe genau das gleiche Intensitätsverhältnis zwischen den Scheitelwerten. Daraus ist zu folgern, daß jedes Material ein eigenes Emissionsspektrum besitzt.

Die Bestandteile fester organischer Stoffe, die im Verlauf eines Herstellprozesses, z.B. bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen, bestehen üblicherweise aus weniger als 100 unterschiedlichen Materialien. Diesen Umstand kann man sich zur Identifizierung des Emissionsspektrums dieser Materialien zunutze machen.

Die in Fig. 1 gezeigte Analyseeinrichtung besteht aus einem lumineszierenden Vertikalilluminator mit einer ultravioletten Lichtquelle 10, die beispielsweise als Xenonlampe ausgebildet sein kann, einem Selektionsfilter 11 zur Begrenzung der Wellenlängen der Lichtquelle 10 von 2000 bis 4000 Å, einer Abbildungseinrichtung 12 zum Ablenken des ultravioletten Lichts auf ein Substrat 13 und einen Unterdrückungsfilter 14, der die Funktion hat, alle Lichtstrahlen mit einer Längswelle von unterhalb 4000 Å zu blockieren, während alle längeren, von den organischen Stoffen 15 auf dem Substrat 13 ausgesendeten Wellenlängen passieren können.

Die Abbildungseinrichtung 12 enthält einen Strahlteiler 16 zur Ablenkung des ultravioletten Lichts durch eine Linse 17 auf das Substrat 13. Im vorliegenden Beispiel wird ein dichroitischer Strahlteiler 16 verwendet, welcher so auf den Selektionsfilter 11 abgestimmt ist, daß dieser nicht nur das ultraviolette Licht um 90° auf das Substrat 13 reflektiert, sondern auch jegliches sichtbare Licht, wenn erwünscht, durch den Strahlteiler 16 hindurch auf einen Lichtverschluß überträgt. Das von den organischen Stoffen 15 auf dem Substrat 13 ausgesandte sichtbare Licht wird durch den Strahlteiler 16 hindurch übertragen, während das ultraviolette Licht um 90° zur Ultraviolettllichtquelle 10 abgelenkt wird. Da die Intensität des vom Substrat 13 ausgesandten Lichts sich direkt proportional zur vierten Potenz der Blendenöffnung verhält und umgekehrt proportional zum Quadrat der Gesamtverstärkung, ist ein Objektiv geringen Verstärkungsfaktors erwünscht. Selbstverständlich sollte die Linse 17 keine selbst-

FI 976 057 80982870880

lumineszierenden Komponenten enthalten.

Zur Begrenzung des emittierten Lichts oder Signals auf eine bestimmte Fläche ist eine veränderbare Meßmembran 18 im Weg des emittierten Lichtes oberhalb des Unterdrückungsfilters 14 vorgesehen. Die Membran 18 kann abgeblendet werden bis zu einer Fläche von $0,5 \mu \cdot 0,5 \mu$. Ein derartiges, sehr starkes Abblenden ist insbesondere dann von Wichtigkeit, wenn mehr als ein lumineszierender Bestandteil sich auf der zu untersuchenden Fläche des Substrats 13 befindet.

Oberhalb der Meßmembran 18 ist ein Monochromator 19, also eine einfarbige Leuchtstrahlquelle angeordnet, mit einem Antrieb 20, welcher vorzugsweise einen Schrittmotor enthält. Das vom Substrat 13 emittierte sichtbare Licht gelangt nach dem Durchtritt durch den Monochromator 19 zu einem Detektor 21, welcher vorzugsweise als Photoverstärkerröhre ausgebildet ist. Der Monochromator 19 wird, beginnend von 4000 \AA , in Schritten von je 5 \AA bis auf 7000 \AA unter der Steuerung eines Rechners 22 fortgeschaltet. Bei jedem Schritt des Monochromators 19 werden 100 einzelne Intensitätsablesungen des Detektors 21 in den Rechner 22 eingespeichert und dort der resultierende Mittelwert festgestellt und gespeichert. Gleichzeitig wird die Wellenlänge des empfangenen Lichts ermittelt, nämlich durch Messung der Spannung eines an die Welle des Monochromators 19 angeschlossenen Linearpotentiometers, und gleichfalls gespeichert.

Beim vollautomatischen Ablauf der im vorhergehenden beschriebenen Vorgänge steuert der Rechner 22 einen X-Antrieb 23 und einen Y-Antrieb 24, wodurch der Objektträger 25 einem Mäander-Muster folgend schrittweise fortgeschaltet und somit das gesamte Muster abgetastet wird. Sobald der Detektor 21 ein Signal abgibt und damit anzeigt, daß ein lumineszierendes Teilchen in dem gerade betrachteten Feld festgestellt wurde, wird der Schrittvorschub gestoppt und der Monochromator 19

abgetastet. Die hierbei ermittelten Ergebnisse werden vorzugsweise nach einem im Rechner 22 gespeicherten Algorithmus analysiert und ausgegeben.

Man kann, wenn gewünscht, den Rechner 22 so programmieren, daß die Ergebnisse mittels eines Plotters unmittelbar aufgezeichnet werden, nämlich in Form einer Kurve für die Intensität über der Wellenlänge, wobei jede Kurve ein bestimmtes der lumineszierenden organischen Stoffe darstellt. Die so erhaltene Kurve kann sodann mit den bekannten charakteristischen Kurven verglichen werden.

Wie Fig. 2B im Vergleich zu Fig. 2A zeigt, befindet sich dort oberhalb der lumineszierenden organischen Stoffe 15 eine Schicht 26, die im Verlauf des vorgesehenen Herstellverfahrens aufgebracht wurde. Wenn man die Schicht 26 für sichtbares Licht transparent ausbildet, etwa mittels SiO_2 , können die betreffenden Stoffe 15 auf dem Substrat 13 ungehindert festgestellt und analysiert werden, wie zuvor beschrieben.

Die in Fig. 3 dargestellte Anordnung zeigt eine Modifikation der Einrichtung nach Fig. 1. Bei dieser Ausführung werden die lumineszierenden organischen Teilchen nicht identifiziert, sondern nur gezählt, so daß der Monochromator 19 (gestrichelt gezeichnet) nicht erforderlich ist. In diesem Fall wird ein vorbestimmter Betrag von lumineszierenden Verunreinigungen pro Flächeneinheit im Rechner 22 gespeichert, der gleichzeitig den Objektträger 25 steuert. Die von unterschiedlichen Teilchen pro geprüfter Flächeneinheit ausgesandten Lichtsignale werden ermittelt und durch den Rechner 22 gezählt. Überschreitet die ermittelte Anzahl die vorgegebene, gespeicherte Zahl, so wird ein entsprechendes Warnsignal abgegeben. Man braucht daher bei Verwendung der in Fig. 3 dargestellten modifizierten Anordnung für die lumineszierenden organischen Stoffe keine bekannten Werte vorzugeben, da die

2800415

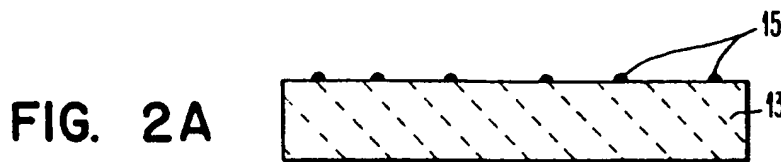
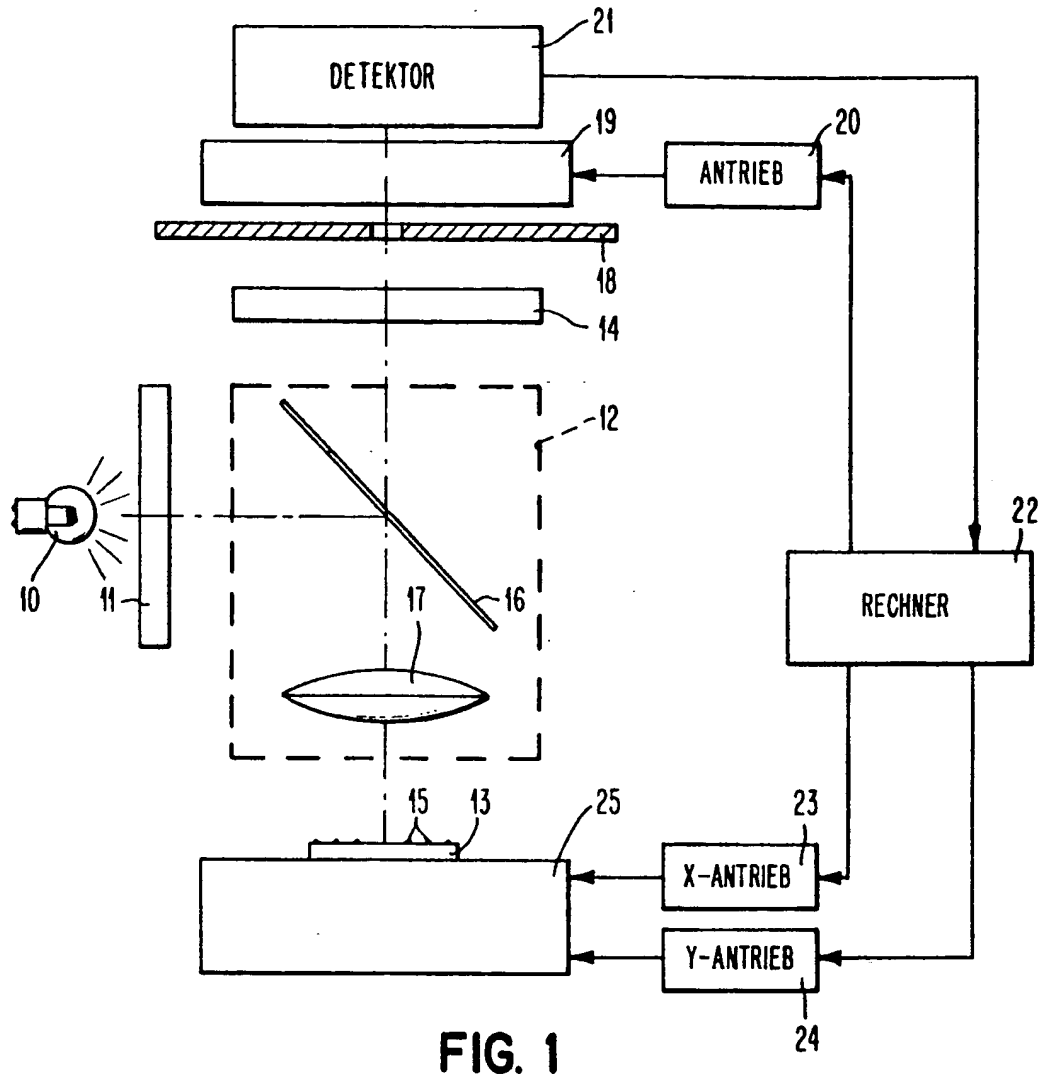
- 9 -

Teilchen nicht qualitativ identifiziert, sondern nur zahlenmäßig ermittelt und gezählt werden.

- 44 -
2800415

Nummer:
11. 2:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

28 00 415
G 01 N 21/52
5. Januar 1978
13. Juli 1978



809828/0880